

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE



IIW-014

6-2-26

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-012740

出 願 人

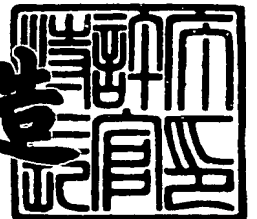
Applicant(s):

本田技研工業株式会社

2001年12月 7日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3106578

【書類名】 特許願

【整理番号】 H100319401

【提出日】 平成13年 1月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01M 8/04  
H01M 8/10

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内

【氏名】 島貫 寛士

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内

【氏名】 片桐 敏勝

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内

【氏名】 草野 佳夫

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県和光市中央1丁目4番1号  
株式会社本田技術研究所内

【氏名】 鈴木 幹浩

【特許出願人】

【識別番号】 000005326

【氏名又は名称】 本田技研工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064414

【弁理士】

【氏名又は名称】 磯野 道造

【電話番号】 03-5211-2488

【手数料の表示】

【~~予納金~~帳番号】 015392

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9713945

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 加湿部を有する燃料電池システムおよびこれを用いた加湿方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 アノード極に供給された燃料ガスおよびカソード極に供給された酸化剤ガスの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、水透過膜を用いてガスを加湿する加湿部を有する燃料電池システムであって、

前記加湿部は第一の加湿装置を有し、前記第一の加湿装置は、前記燃料電池から排出された水分を含むオフガスを用いて、前記アノード極に供給する前記燃料ガスを加湿する非多孔質型の水透過膜を備えることを特徴とする加湿部を有する燃料電池システム。

【請求項 2】 前記加湿部は、第二の加湿装置を有し、前記第二の加湿装置は、前記オフガスを用いて前記カソード極に供給する前記酸化剤ガスを加湿する多孔質型の水透過膜を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の加湿部を有する燃料電池システム。

【請求項 3】 前記燃料電池および前記第一の加湿装置ならびに前記第二の加湿装置は前記オフガスの流れに対して直列に配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の加湿部を有する燃料電池システム。

【請求項 4】 燃料電池に供給する燃料ガスおよび酸化剤ガスを加湿部において加湿する加湿方法であって、

前記燃料電池から排出された水分を含むオフガスを前記加湿部に導入するステップと、

前記燃料ガスが前記加湿部において非多孔質型の水透過膜を介して、前記オフガスから水分を受け取るステップと、

前記酸化剤ガスが前記加湿部において水透過膜を介して、前記オフガスから水分を受け取るステップと、

加湿後の前記燃料ガス、および、加湿後の前記酸化剤ガスのそれぞれを前記燃料電池に供給するステップと、

を有することを特徴とする加湿部を有する燃料電池システムの加湿方法。

【請求項5】

前記非多孔質型の水透過膜は、イオン水和作用を用いて水分を透過させる膜であることを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

【請求項6】

前記多孔質型の水透過膜は、毛管凝縮作用を用いて水分を透過させる膜であることを特徴とする請求項1から請求5のいずれか一項に記載の燃料電池システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、燃料ガスおよび酸化剤ガスを加湿してから燃料電池に供給する加湿部を有する燃料電池システムおよびこれを用いた加湿方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、電気自動車の動力源などとして開発されている固体電解質型燃料電池（以下、単に燃料電池という）は、燃料ガスと酸化剤ガスの電気化学反応を利用して発電を行うものである。つまり、燃料電池は、燃料ガスをアノード極でイオン化し、酸化剤ガスをカソード極でイオン化し、燃料ガスのイオン（プロトン、水素イオン）を固体電解質膜で移動させ、カソード極側の酸素イオンと反応させて水を生成する際に発生する電気エネルギーを取り出すものである。

ここで、このような燃料電池の発電効率を左右するパラメータの一つとして、固体電解質膜内を移動する水素イオンのイオン伝導率があげられる。このイオン伝導率が高いと単位時間あたりに固体電解質膜内を移動できる水素イオンの数が増えるので、その分だけ電気化学反応に伴う発電量を多くすることができる。一方、イオン伝導率が低いと、単位時間あたりに固体電解質膜内を移動できる水素イオンの量が減ることになるので発電量は減ってしまう。

【0003】

そこで、従来、固体電解質膜のイオン伝導率を高くするための工夫が種々なさ

れており、これらの中には、特願平 8 - 2 7 3 6 8 7 号公報に記載の燃料電池の加湿装置がある。

特願平 8 - 2 7 3 6 8 7 号公報に記載の加湿装置は、燃料電池の冷却水を燃えて燃料ガスを加湿するもので、加湿した燃料ガスを燃料電池に供給することで固体電解質膜の乾燥を防止するものである。この加湿装置は、中空糸膜（水透過膜）を備え、この中空糸膜の内側に燃料ガスを通流させ、中空糸膜の外側に水を通流させる構成を有している。この中空糸膜は、中空糸膜の外側の液相と、中空糸膜の内側の気相を分離する役割と、液相中の水分を水蒸気分圧の高い液相側から、相対的に水蒸気分圧の低い気相側に透過させる役割を有している。中空糸膜を透過して液相側から気相側に移動した水分は、燃料ガスの流れにより蒸発するので、燃料ガスは所定量の水蒸気を含む加湿燃料ガスとなる。

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、燃料ガスの加湿を燃料電池水から排出されるオフガスに含まれる水分で行おうとすると、このようなオフガスは未反応の酸素ガスを含む酸化剤ガスと共に排出されるので、中空糸膜の種類によっては、酸素ガス等のガス分子が中空糸膜を透過してしまう可能性があった。オフガス中の酸素ガスが中空糸膜を透過して燃料ガスと混合されると、アノード極に酸素ガスを含む燃料ガスが供給されることになる。このような場合には、アノード極の白金電極を触媒として燃料ガスと酸素ガスが電気化学反応をする前に反応してしまう可能性があり、このとき発生する熱は固体電解質膜や白金電極の劣化等の原因となることがあった。さらに、このような中空糸膜を用いた場合は、燃料電池の運転停止時間が長くなると、この間に中空糸膜を介して燃料ガスや酸素ガスが混合する可能性があるため、燃料電池の始動時に配管中のガスのパージを行うパージラインや制御装置を設ける必要があった。

また、加湿により発電効率を高く維持するためには、酸化剤ガスの加湿を積極的に行うなど、燃料電池システム全体としての加湿手段の最適化が望まれていた。

従って、本発明の解決しようとする課題は、燃料電池の固体電解質膜のイオン

伝導率を高く維持するために設けられた加湿部においてガスの混合を防止すること、および、加湿部におけるガスの加湿を効率良く安定して行うことである。

## 【 0 0 0 5 】

## 【課題を解決するための手段】

前記の課題を解決する本発明の請求項 1 に係る発明は、アノード極に供給された燃料ガスおよびカソード極に供給された酸化剤ガスの電気化学反応により発電を行う燃料電池と、水透過膜を用いてガスを加湿する加湿部を有する燃料電池システムであって、加湿部は第一の加湿装置を有し、第一の加湿装置は、燃料電池から排出された水分を含むオフガスを用いて、アノード極に供給する燃料ガスを加湿する非多孔質型の水透過膜を備える構成とした。

このように構成することで、燃料ガスを適切かつ十分に加湿することができる。ここに言う非多孔質型の水透過膜とは、孔径が 1.0 nm 程度の細孔を備えず、例えばイオン水和作用で流体中の水分のみを透過させる膜である。非多孔質型の水透過膜は、オフガスが未反応の酸化剤ガスを含む場合であっても、水分のみを透過するので、加湿部において燃料ガスと酸化剤ガスが混合することを確実に防止することができる。

## 【 0 0 0 6 】

また、本発明の請求項 2 に係る発明は、請求項 1 に記載の加湿部を有する燃料電池システムにおいて、加湿部は、第二の加湿装置を有し、第二の加湿装置は、オフガスを用いてカソード極に供給する酸化剤ガスを加湿する多孔質型の水透過膜を備える構成とした。

このように構成することで、酸化剤ガスを十分に加湿することができる。ここに言う多孔質型の水透過膜とは、水分子が透過可能な細孔（例えば孔径 1.0 nm 程度）を多数備え、例えば毛管凝集作用で流体中の水分を透過させる膜である。多孔質型の水透過膜は、水分の透過を速やかに行うことができると共に、耐熱性に優れるので、酸化剤ガスが加圧圧縮により高温となっている場合であっても、水透過膜を劣化させることなく加湿を行うことができる。従って、燃料電池に十分な水分を安定して供給することが可能となる。なお、水透過膜は、多孔質型であるためオフガス中の未反応の酸化剤ガスを透過することもあるが、加湿される

ガスも酸化剤ガスであるため問題はない。

【 0 0 0 7 】

さらに、本発明の請求項 3 に係る発明は、請求項 2 に記載の加湿部を有する燃料電池システムにおいて、燃料電池および第一の加湿装置ならびに第二の加湿装置はオフガスの流れに対して直列に配置されている構成とした。

燃料電池、第一の加湿装置、第二の加湿装置をオフガスの流れに対して直列に配列すると、オフガスの分配器等の複雑な配管手段を設ける必要がないので、簡単な構成で燃料ガス、酸化剤ガスをそれぞれ加湿することができる。なお、燃料電池に対して第一の加湿装置を前段に配置しても良いし、第二の加湿装置を前段に配置することもできる。

【 0 0 0 8 】

そして、本発明の請求項 4 に係る発明は、燃料電池に供給する燃料ガスおよび酸化剤ガスを加湿部において加湿する加湿方法であって、燃料電池から排出された水分を含むオフガスを加湿部に導入するステップと、燃料ガスが加湿部において非多孔質型の水透過膜を介して、オフガスから水分を受け取るステップと、酸化剤ガスが加湿部において水透過膜を介して、オフガスから水分を受け取るステップと、加湿後の燃料ガス、および、加湿後の酸化剤ガスのそれぞれを燃料電池に供給するステップとを有することを特徴とする加湿部を有する燃料電池システムの加湿方法とした。

このような加湿方法によれば、オフガスを導入した加湿部は、非多孔質型の水透過膜を介して酸化剤ガスとの混合を防止しつつも燃料ガスを加湿することができる。また、同様に酸化剤ガスも水透過膜により加湿することができる。従って、燃料ガスおよび酸化剤ガスの両方により十分な水分を燃料電池に供給することができる。なお、酸素ガスの加湿に用いる水透過膜は、多孔質型であっても良いし、非多孔質型とすることもできる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の請求項 5 に係る発明は、請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、非多孔質型の水透過膜は、イオン水和作用を用いて水分を透過させる膜である構成とした。



このような非多孔質型の水透過膜は、イオン水和作用によりオフガス中のガス分子を透過させずに、水分のみを透過させる。従って、ガスの混合を確実に防止しつつ、燃料ガスを加湿できる。

## 【 0 0 1 0 】

そして、本発明の請求項 6 に係る発明は、請求項 1 から請求 5 のいずれか一項に記載の燃料電池システムにおいて、多孔質型の水透過膜は、毛管凝縮作用を用いて水分を透過させる膜である構成とした。

このような多孔質型の水透過膜は、毛管凝縮作用を用いることで、確実に水分を透過させることができる。また、多孔質型の水透過膜は耐熱性に優れるため、酸化剤ガスの温度が高い場合であっても安定して加湿することができる。

## 【 0 0 1 1 】

## 【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態を図面を参照して詳細に説明する。

まず、図 1 を参照して、本実施の形態における加湿部を有する燃料電池システムの全体構成について説明する。

燃料電池システム 1 は、燃料電池 2、加湿部 3、空気圧縮機 5、水素貯蔵タンク 6 などから構成されている。

## 【 0 0 1 2 】

燃料電池 2 は、固体電解質膜を用いたものであり、酸化剤ガスとしての加湿空気 A w が供給されるカソード極 2 a（酸素極）と、燃料ガスとしての加湿された水素ガス（以下、加湿水素ガス H w とする）が供給されるアノード極 2 b（水素極）とを有しており、それぞれの極に供給された加湿水素ガス H w と、加湿空気 A w 中の酸素ガスを電気化学反応させて電気エネルギーを抽出するものである。

加湿空気 A w は、低湿度の空気 A d を外気から取り込み、空気圧縮機 5 で加圧圧縮すると共に、加湿部 3 で加湿することにより得られる。

加湿水素ガス H d は、水素ガスステーション等で水素貯蔵タンク 6 に充填された水素ガス H d を加湿部 3 で加湿することにより得られる。

なお、加湿部 3 による空気 A d や、水素ガス H d の加湿は、燃料電池 2 のカソード極 2 a から排出された水分を多く含むカソードオフガス C O G から空気 A d

や、水素ガスHdが水分を受け取ることにより行われるが、その詳細は後に説明するので、ここでは省略する。

## 【 0 0 1 3 】

ここで、燃料電池2のカソード極2a側では、加湿水素ガスHwと酸素ガスの反応生成物である水を多量に含むカソードオフガスCOGが発生し、このカソードオフガスCOGは加湿部3に導かれた後に排出される。

一方、アノード極2b側では、未反応の水素ガスHdを含むアノードオフガスAOGが発生し、このアノードオフガスAOGは水素ガスHdのインジェクタ7に導入され、再び燃料電池2に供給される。なお、このアノードオフガスAOGを排出する際には、燃料電池2の後段に設けられたバルブ8が開放される。

## 【 0 0 1 4 】

次に、燃料電池2の構成および作用について説明する。

燃料電池2は、図示しない固体電解質膜を挟んでアノード極2bとカソード極2aを有し、そのそれぞれには白金系の触媒を有する電極が設けられている。そして、アノード極2bには加湿水素ガスHwが通流され、カソード極2aには加湿空気Awが通流される。ここで、固体電解質膜は、高分子膜、例えば、プロトン交換膜であるパーフロロカーボンスルホン酸膜を電解質として用いたものが知られている。この固体電解質膜は、高分子中にプロトン交換基を多数持ち、飽和含水することにより常温で高いプロトン伝導率を示すものである。従って、触媒によりアノード極2bで発生したプロトン（水素イオン）は、容易に固体電解質中を移動してカソード極2a側に到達することができる。そして、カソード極2a側に到達したプロトンがアノード極2bで発生した酸素イオンと反応して水を生成する。生成した水は未反応成分を含む加湿空気Awと共にカソードオフガスCOGとしてカソード極2a側の出口から排出される。このとき、アノード極2bとカソード極2aを外部負荷を介して電氣的に接続して回路を形成すると、水素のイオン化の際に発生する電子がこの回路に流れ、この電子の量が燃料電池2の発電量となる。

## 【 0 0 1 5 】

ここで、燃料電池2の発電量を決定するパラメータとしては、電極および固体

電解質膜からなるセルの数や大きさ、加湿水素ガスHwおよび加湿空気Awの供給量、固体電解質膜のプロトン伝導率等があげられる。これらのうち、固体電解質膜のプロトン伝導率について説明する。

プロトン伝導率は、固体電解質膜内でのプロトンの移動しやすさを表している。従って、プロトン伝導率が高いほど、プロトン（水素イオン）がアノード極2b側からカソード極2a側に移動しやすくなるので、プロトン（水素イオン）と酸素イオンの反応頻度が増大し、発電量を増加させることができる。一方、プロトン伝導率が低くなると、プロトンの透過率が減少するので、プロトン（水素イオン）と酸素イオンの反応が減り、発電量が減少する。

なお、このプロトン伝導率は、固体電解質膜が乾燥していると低くなる。従って、本実施の形態においては、加湿部3で水素ガスHdおよび空気Adを加湿することで、固体電解質膜に十分な水分を供給し、固体電解質膜のプロトン伝導率を大きくし、発電効率の向上および安定を図っている。

#### 【0016】

次に、本実施の形態における加湿部3について図2、図3(a)、(b)を用いて説明する。

図2に示すように、加湿部3は、カソードオフガスCOGの流れる方向を基準として燃料電池2の近くに設けられた第一の加湿装置31と、第一の加湿装置31の後段に配置されている第二の加湿装置32とを有しており、燃料電池2から排出されるオフガス（カソードオフガスCOG）を用いて、アノード極2bを充分に加湿することを目的としている。なお、理解の便宜上、以下においてカソードオフガスCOGは加湿用オフガスMGとして説明する。

#### 【0017】

第一の加湿装置31は、燃料電池2のカソード極2aの出口と配管21で接続され、配管24により供給される水素ガスHdを加湿する装置である。なお、加湿後の加湿水素Hwは、配管25を通過して燃料電池2のアノード極2bに供給される。

第一の加湿装置31の構成は、図3(a)、(b)に例示するように、略円柱形をした中空糸膜モジュール33を並列に四本備えると共に、その各々の端部を

一端側分配器 3 4 および他端側分配器 3 5 で保持した直方体形状となっている。

中空糸膜モジュール 3 3 は、円筒形状のハウジング 3 6 と、ハウジング 3 6 に束ねて収納されている多数の水透過膜である第一の中空糸膜 P 1 を有している。第一の中空糸膜 P 1 は、外径が十分の数ミリ程度であり、第一の中空糸膜 P 1 の外側を通流する水素ガス H d との接触面積を確保するために、互いにハウジング 3 6 内で離間するように配置されている。また、ハウジング 3 6 には円周上に複数の開口 3 7 a, 3 7 b を有しており、この開口 3 7 a, 3 7 b は、水素ガス H d が中空糸膜モジュール 3 3 の内部に流入するための流入口 3 7 a、および、加湿水素ガス H w が中空糸膜モジュール 3 3 から流出する流出口 3 7 b となっている。一方、加湿用オフガス M G は、各中空糸膜モジュール 3 3 の一端面 3 3 a から第一の中空糸膜 P 1 の内側の中空部分に流入し、中空糸膜モジュール 3 3 の他端面 3 3 b から流出する。

#### 【 0 0 1 8 】

一端側分配器 3 4 は、図 2 に示す配管 2 1 を流れてきた加湿用オフガス M G を各中空糸膜モジュール 3 3 に導入するためのオフガス導入口 3 8 が側面に形成されており、上面および底面には加湿水素ガス H w を排出するための水素ガス排出口 3 9 が形成されている。また、他端側分配器 3 5 は、中空糸膜モジュール 3 3 を通流した後の加湿用オフガス M G を配管 2 2 に排出するオフガス排出口 4 0 が側面に形成されており、上面および底面には中空糸膜モジュール 3 3 に水素ガス H d を導入するための水素ガス導入口 4 1 が形成されている。なお、水素ガス導入口 4 1 は、図 2 に示す配管 2 4 に連結され、水素排出口 3 9 は、配管 2 5 に連結されている。

#### 【 0 0 1 9 】

ここで、第一の加湿装置 3 1 に備えられている第一の中空糸膜 P 1 は、高分子電解質膜から構成されている。この高分子電解質膜は、イオン水和型の水透過膜であって、その代表例としてはパーフルオロカーボンスルホン酸を用いたデュポン社の N A F I O N 膜があげられる。このような高分子電解質膜は、後述する多孔質型の高分子膜が有する孔径 1 0 n m 程度の細孔を備えていないので、加湿用オフガス M G や空気 A d に含まれるガス以外の成分を透過させない性質を有し

ている。また、このような高分子電荷質膜は、ポリマー構造として疎水性の強い主鎖部分と親水性の交換基を共存させており、この親水性の交換基が水分子と水素結合を行うことで水分を捉える、イオン水和作用を有している。従って、このような高分子電界質膜からなる第一の中空糸膜 P 1 の内側に水分を多く含んだ加湿用オフガス MG を通流させ、第一の中空糸膜 P 1 の外側に水分をほとんど含まない水素ガス H d を通流させると（図 3（a）参照）、第一の中空糸膜 P 1 の内周面で、例えばイオン水和作用により、加湿用オフガス MG に含まれている水分が次々に捉えられ、第一の中空糸膜 P 1 の内部に浸透しつつ、その外周面に送り出される、いわゆる水の輸送現象が起こる。そして、この外周面に沁み出した水分は水素ガス H d の通流により気化して水蒸気になり、この水蒸気が水素ガス H d に混合されて、加湿水素ガス H w となる。

ここにおいて、加湿用オフガス MG の水分以外の成分である酸素ガスや窒素ガス等の気体は、上述のような細孔を備えない高分子電解質膜内を通過することができないので、水素ガス H d に酸素ガス等が混入することはない。なお、このような高分子電解質膜からなる第一の中空糸膜 P 1 が、特許請求の範囲に記載の非多孔質型の水透過膜に相当する。

#### 【 0 0 2 0 】

また、図 2 に示すように、第二の加湿装置 3 2 は、第一の加湿装置 3 1 と配管 2 2 により連結されており、空気圧縮機 5 から配管 2 6 を通って供給される空気 A d を加湿するための加湿装置である。なお、加湿後の空気 A d、つまり、加湿空気 A w は、配管 2 7 により燃料電池 2 のカソード極 2 a に供給される。

第二の加湿装置 3 2 の構成は、第一の加湿装置 3 1 と同様の構成を有している。第二の加湿装置 3 2 が第一の加湿装置 3 1 と異なる点は、第一の中空糸膜 P 1 とは異なる第二の中空糸膜 P 2 を用いている点であり、第二の中空糸膜 P 2 は中空糸膜モジュール 3 3 に収納されている。

第二の加湿装置 3 2 に用いられる中空糸膜モジュール 3 3 のハウジング 3 6 に束ねて収納されている第二の中空糸膜 P 2 は、多孔質型、すなわち、分子が拡散可能な大きさの細孔（孔径 1 0 n m 程度）を多数備えている高分子膜から構成されている。この高分子膜は、細孔を通じて、例えば毛管凝縮作用により、水分を

透過させることができる。従って、このような高分子膜からなる第二の中空糸膜 P 2 の内側に水分を多く含んだ加湿用オフガス MG を通流させ、第二の中空糸膜 P 2 の外側に水分をほとんど含まない空気 A d を通流させると（図 3（a）参照）、第二の中空糸膜 P 2 の内周面で凝縮し、または、細孔内に分散した水分が、例えば毛管凝縮作用により、第二の中空糸膜 P 2 の内部に浸透し、その外周面に沁み出す。そして、外周面に沁み出した水分は、空気 A d の通流により気化して水蒸気となり、この水蒸気が空気 A d と混合されて加湿空気 A w となる。

このような高分子膜からなる水透過膜は、細孔を通じて水分の他、酸素ガス等を透過させることができが、特に気化した水分を確実に輸送できる特徴がある。なお、この第二の中空糸膜 P 2 が、特許請求の範囲に記載の多孔質型の水透過膜に相当する。また、このような水透過膜の細孔の孔径は、水分子が自由に透過できるものであれば 1 0 n m 以上であっても良い。

#### 【 0 0 2 1 】

ここで、加湿部 3 におけるガスの流れを加湿用ガス MG、水素ガス H d、空気 A d の順番に説明する。

まず、燃料電池 2 のカソード極 2 a からカソードオフガス C O G として排出された水分を多く含む加湿用オフガス MG は、配管 2 1 を通り加湿部 3 を構成する第一の加湿装置 3 1 のオフガス導入口 3 8 に導入され、ここで、四本の中空糸モジュール 3 3 に収納された多数の第一の中空糸膜 P 1 の中空部分に分流する。そして、加湿用オフガス MG に含まれている水分の一部は、第一の中空糸膜 P 1 の中空部分を通流する際に、第一の中空糸膜 P 1 の内周面に凝縮する。なお、この凝縮した水分は前記のようにして水素ガス H d に回収される。

そして、中空糸膜モジュール 3 3 の他端面 3 3 b から流出した加湿用オフガス MG は、第一の加湿装置 3 1 のオフガス排出口 4 0 から排出され、配管 2 2 を通り、第二の加湿装置 3 2 に導かれる。

第二の加湿装置 3 2 に導かれた加湿用オフガス MG は、四本の中空糸モジュールに収納された多数の第二の中空糸膜 P 2 の中空部分に分流する。そして、加湿用オフガス MG に含まれている水分は、その一部が第二の中空糸膜 P 2 の中空部分を通流する際に、第二の中空糸膜 P 2 の内周面に凝縮する。また、水分の一部

が第二の中空糸膜P 2の細孔内に拡散する。なお、この凝縮したり、細孔内に拡散した水分は前記のようにして空気A dに回収される。そして、中空糸膜モジュール3 3から流出した加湿用オフガスMGは、第二の加湿装置3 2から排出され、配管2 3から排出される。

## 【0 0 2 2】

水素ガスH dは、インジェクタ1 1から配管2 4を経て、加湿部3の第一の加湿装置3 1の水素ガス導入口4 1に導入される。そして、流入口3 7 aから中空糸膜モジュール3 3のハウジング3 6の内側に入り、中空糸膜モジュール3 3の長軸方向に沿って流れる。この際に、水素ガスH dは、第一の中空糸膜P 1の外周面に沁み出した水分を受け取ることで加湿され、流出口3 7 bから流出し、さらに、水素ガス排出口3 9から加湿水素ガスH wとして排出され、配管2 5を通り燃料電池2のアノード極2 bに導入される。

一方、空気A dは、空気圧縮機5から配管2 6を通り、加湿部3の第二の加湿装置3 2に導入され、中空糸膜モジュール3 3の内部を流れる。この際に、空気A dは、第二の中空糸膜P 2の外周面に沁み出した、または、細孔を拡散してきた水分を受け取ることで加湿され、加湿空気A wとなる。そして、第二の加湿装置3 2から排出された加湿空気A wは、配管2 7を通過して燃料電池2のカソード極2 aに導入される。ここで、第二の中空糸膜P 2は酸素ガス等のガス成分も透過することがあるが、第二の加湿装置3 2で加湿されるガスである空気A dに酸素ガスが混入しても燃料電池2に悪影響を及ぼすことはない。

## 【0 0 2 3】

なお、第二の中空糸膜P 2に用いられている多孔質型の水透過膜は、一般に耐熱性が高く、2 0 0℃程度に加熱されても安定であるため、空気圧縮機5で加圧圧縮された際に圧縮熱で高温となった空気A dを、冷却することなく第二の加湿装置3 2に導入することができる。

導入される空気A dの温度が高いと、第二の中空糸膜P 2の外周面で水分が蒸発しやすく、また、空気A dが含有できる水蒸気量も増えることが予想されるので、より多くの水分を燃料電池2に供給できるから、発電効率を向上させることができる。さらに、第二の中空糸膜P 2の細孔も水分の透過を促進する役割を有

しているため、発電効率の向上に寄与している。なお、第二の加湿装置 3 2 にも非多孔質型の水透過膜からなる第一の中空糸膜 P 1 を使用することが可能である。

## 【 0 0 2 4 】

次に、本発明の別の実施の形態を図 4 を参照して説明する。なお、図 2 と同じ構成要素については同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 4 に示すように、加湿部 4 0 は、第一の加湿装置 3 1 と、第二の加湿装置 3 2 とを有しており、第一の加湿装置 3 1 は水素ガス H d を加湿し、第二の加湿装置 3 2 は空気 A d を加湿する点では図 2 に示す実施の形態と同様であるが、本実施の形態においては、燃料電池 2 からの加湿用オフガス M G は、まず、第二の加湿装置 3 2 に導入され、次に第一の加湿装置 3 1 に導入される。

## 【 0 0 2 5 】

加湿用オフガス M G は、ガス温度の高い状態で比較的高温の空気 A d を加湿することになるので、より大量の水分を、空気をキャリアガスとして燃料電池 2 に供給することが可能となる。特に第二の加湿装置 3 2 が細孔を有する第二の中空糸膜 P 2 を備えている場合は、水分の透過効率が高いので、大量の水分を燃料電池 2 に供給することができる。従って、本実施の形態においては、カソード極 2 a を充分に加湿することができる。

そして、このような場合は、第二の加湿装置 3 2 における加湿用オフガス M G の温度低下は少ないか、若しくは、空気 A d により却って加熱されることもあるので、第二の加湿装置 3 2 の後段に配置された第一の加湿装置 3 1 においても、充分に水素ガス H d を加湿することが可能である。

なお、第一の加湿装置 3 1 に用いられる中空糸膜は、前記の実施の形態と同様に非多孔質の高分子膜からなる水透過膜である第一の中空糸膜 P 1 であるため、この実施の形態においても、水素ガス H d の加湿時に水素ガス H d に酸素ガスが混入することはない。また、第二の加湿装置 3 2 に用いられる中空糸膜も実施の形態と同様に、耐熱性の高い、多孔質の高分子膜からなる水透過膜である第二の中空糸膜 P 2 であるため、空気圧縮機 5 の圧縮熱で高温になった空気 A d を第二の加湿装置 3 2 に導入することができる。



## 【 0 0 2 6 】

さらに、本発明の別の実施の形態を図 5 を参照して説明する。なお、図 2 と同じ構成要素については同一の符号を付して、その説明を省略する。

図 5 に示すように、加湿部 5 0 は、第一の加湿装置 5 1 と、第二の加湿装置 5 2 を有し、第一の加湿装置 5 1 は水素ガス H d を加湿し、第二の加湿装置 5 2 は空気 A d を加湿する点、および、第一の加湿装置 5 1 および第二の加湿装置 5 2 の位置関係は図 2 に示す実施の形態と同様であるが、本実施の形態において、加湿部 5 0 は、ガス等を加熱する加熱手段を有している。加熱手段は、第一の加湿装置 5 1 に設けられた熱交換手段 5 3 と、第二の加湿装置 5 2 に設けられた熱交換手段 5 4、ならびに、第一の加湿装置 5 1 と第二の加湿装置 5 2 の間の配管 2 2 に設けられた熱交換器 5 5 とから構成されている。なお、第一の加湿装置 5 1 および第二の加湿装置 5 2 は熱交換手段 5 3、5 4 を有する他は、図 3 ( a )、( b ) に示す構成と同様の構成を有しているものとする。

## 【 0 0 2 7 】

ここで、加湿部 5 0 の加熱手段について、熱交換手段 5 3、5 4、熱交換器 5 5 の順番に説明する。

熱交換手段 5 3、5 4 は、例えば、図 3 ( a ) に示した中空糸膜モジュール 3 3 の外周面を覆うように設けられたチューブからなり、中空糸膜モジュール 3 3 の一端部から他端部まで循環水 C W を中空糸膜モジュール 3 3 の長手方向に沿って流す、いわゆるジャケットタイプのものを使用することができる。このような構成にすると、循環水 C W が保有する熱を中空糸膜モジュール 3 3 のハウジング 3 6 を介して、水素ガス H d や、空気 A d、加湿用オフガス M G や、第一、第二の中空糸膜 P 1、P 2 に伝達することで、これらを加熱することができる。また、この熱交換手段 5 3、5 4 への循環水 C W の導入および排出は、燃料電池 2 に連結された循環水ライン 5 6 により行われている。なお、熱交換手段 5 3、5 4 は、循環水 C W の保有する熱を、水素ガス H d 等に伝達できる構成であれば、図に示すものに限定されずに、種々の構成とすることができる。

## 【 0 0 2 8 】

熱交換器 5 5 は、第一の加湿装置 5 1 と第二の加湿装置 5 2 の間に設けられ、

第一の加湿装置 5 1 を通過した加湿用オフガス MG が流れる配管 2 2 を覆うように設けられたチューブや、配管 2 2 の外周に螺旋状に巻かれた配管等から構成されている。この熱交換器 5 5 によれば、第二の加湿装置 5 2 に導入する加湿用オフガス MG が保有する水分の凝縮を防止し、再蒸発を促すことができるので、第二の加湿装置 5 2 における空気 A d の加湿の効率を向上させることができる。熱交換器 5 5 への循環水 CW の導入や排出も前記の循環水ライン 5 6 により行われる。

## 【 0 0 2 9 】

このような加熱手段を設けて、加湿用オフガス MG、水素ガス H d、空気 A d を加熱することで、水素ガス H d および空気 A d に含有される水分量を増やすことができる。従って、燃料電池 2 の固体電解質膜に水分を安定して供給できるので、プロトン伝導率が高くなり、固体電界質膜を透過するプロトン（水素イオン）の数を増やし、発電効率を向上させることができる。

ここで、循環水 CW は、熱交換手段 5 3、5 4 および熱交換器 5 5 における熱交換により冷却される。そして、この冷却された循環水 CW が再び燃料電池 2 の冷却に用いられるので、燃料電池 2 の廃熱を有効に利用する効果も兼ねている。

## 【 0 0 3 0 】

なお、本発明は前記の各実施の形態に限定されずに、広く応用することが可能である。例えば、加湿部 3 において、第一の加湿装置 3 1 と第二の加湿装置 3 2 の配置を図 2、図 4、図 5 に示すような直列とする替わりに、加湿用オフガス MG の流れに対して並列に配置することも可能である。

また、水透過膜は中空糸膜 P 1、P 2 に限定されずに、シート形状等の任意の形状で用いることができる。

さらに、加湿用オフガス MG は、カソードオフガス COG としたが、アノードオフガス AOG が水分を多く含む場合は、アノードオフガス AOG を加湿用オフガス MG とすることができる。この場合は、加湿用オフガス MG に未反応の水素ガス H d が含まれる可能性があるので、空気 A d を加湿する第二の加湿装置 3 2 には、非多孔質型の水透過膜を用いることが望ましい。

## 【 0 0 3 1 】

そして、図 5 において加熱手段は、第一の加湿装置 5 1 や、第二の加湿装置 5 2、または、配管 2 2 のみに設けることもできる。また、燃料電池 2 と第一の加湿装置 5 1 との間の配管 2 5 や、燃料電池 2 と第二の加湿装置 3 2 との間の配管 2 7 に加熱手段を設けることもできる。特に、配管 2 5 および配管 2 7 を加熱すると、加湿水素ガス H w や加湿空気 A w が燃料電池 2 に供給されるまでに冷却されて、水が配管 2 5、2 7 中に凝縮することを防止できる。

さらに、加熱手段は、熱交換手段 5 3、5 4 および熱交換器 5 5 のほかに、所定の構造を有するヒータとすることもできる。ヒータを用いる場合は、加湿用オフガス M G、水素ガス H d、空気 A d をより高温に加熱することができるので、十分な水分を燃料電池 2 の固体電解質膜に供給することができる。

また、空気圧縮機 5 と第二の加湿装置 5 2 との間に、空気 A d を所定温度まで冷却する冷却装置を設けても良い。空気 A d の温度が所定温度よりも高くなる場合であっても、水透過膜の耐久性を維持することができる。

#### 【 0 0 3 2 】

##### 【発明の効果】

本発明の請求項 1 に係る発明は、アノード極に供給する前の燃料ガスを燃料電池から排出された水分を含むオフガスを用いて加湿する際に、この加湿に用いる水透過膜に、水分のみを透過し、酸素ガス等のガス成分を透過しない非多孔質型の水透過膜を用い、燃料ガスと酸化剤ガスが混合しない構成とした。従って、燃料ガスの加湿により、燃料電池内の固体電界質膜のプロトン伝導率を向上させ、発電効率を向上させることができると共に、燃料電池のアノード極側の電極におけるプロトン（水素ガス）と酸素ガスの反応による電極等の劣化を防止できる。

また、請求項 2 に係る発明は、これに加えて、カソード極に供給する前の酸化剤ガスを多孔質型の水透過膜により加湿する構成とした。これにより、酸化剤ガスの加湿を効率的に行うことができるので、燃料電池の発電効率を向上できる。

さらに、請求項 3 に係る発明は、燃料電池および水素ガスの加湿装置ならびに酸化剤ガスの加湿装置をオフガスの流れに対して直列に配置したので、簡単な構成で燃料ガス、酸化剤ガスをそれぞれを効果的に加湿することができる。

そして、請求項 4 に係る発明は、燃料電池から排出されたオフガスを加湿部に

導入し、燃料ガスを非多孔質型の水透過膜を用いて加湿し、酸化剤ガスを水透過膜を用いて加湿する加湿方法としたので、燃料電池のアノード極およびカソード極のそれぞれを十分に加湿することができ、特に、燃料ガスにオフガス中のガス成分が混入することを防止できる。

また、請求項 5 に係る発明は、前記のような燃料電池システムに用いられる非多孔質型の水透過膜を、イオン水和作用を有する膜としたので、ガスの混合を確実に防ぎつつも、燃料ガスを加湿でき、安定して高い発電効率を得ることができる。

そして、請求項 6 に係る発明は、前記のような燃料電池システムに用いられる多孔質型の水透過膜を、毛管凝縮作用を有する膜としたので、酸化剤ガスを確実に加湿することができ、安定して高い発電効率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の実施の形態における燃料電池システムの全体構成図である。

【図 2】

本発明の実施の形態における燃料電池および加湿部の構成を示す構成図である。

【図 3】

(a) 第一の加湿装置の側部断面図、(b) 第一の加湿装置の斜視図である。

【図 4】

本発明の実施の別の形態における燃料電池および加湿部の構成を示す構成図である。

【図 5】

本発明の実施の別の形態における燃料電池および加湿部の構成を示す構成図である。

【符号の説明】

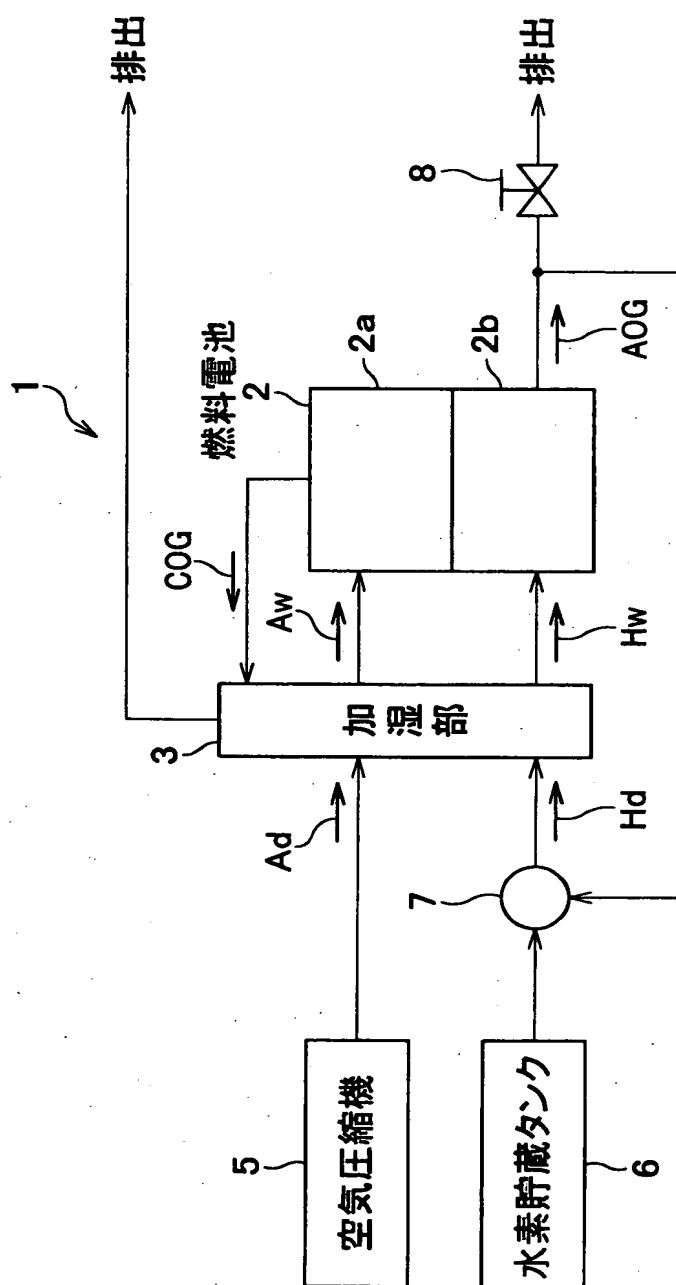
- 1            燃料電池システム
- 2, 40, 50   加湿部
- 5            空気圧縮機

- 3 1, 5 1 第一の加湿装置
- 3 2, 5 2 第二の加湿装置
- 3 3 中空糸膜モジュール
- 5 3, 5 4 熱交換手段
- 5 5 熱交換器
- P 1 第一の中空糸膜 (非多孔質型の水透過膜)
- P 2 第二の中空糸膜 (多孔質型の水透過膜)

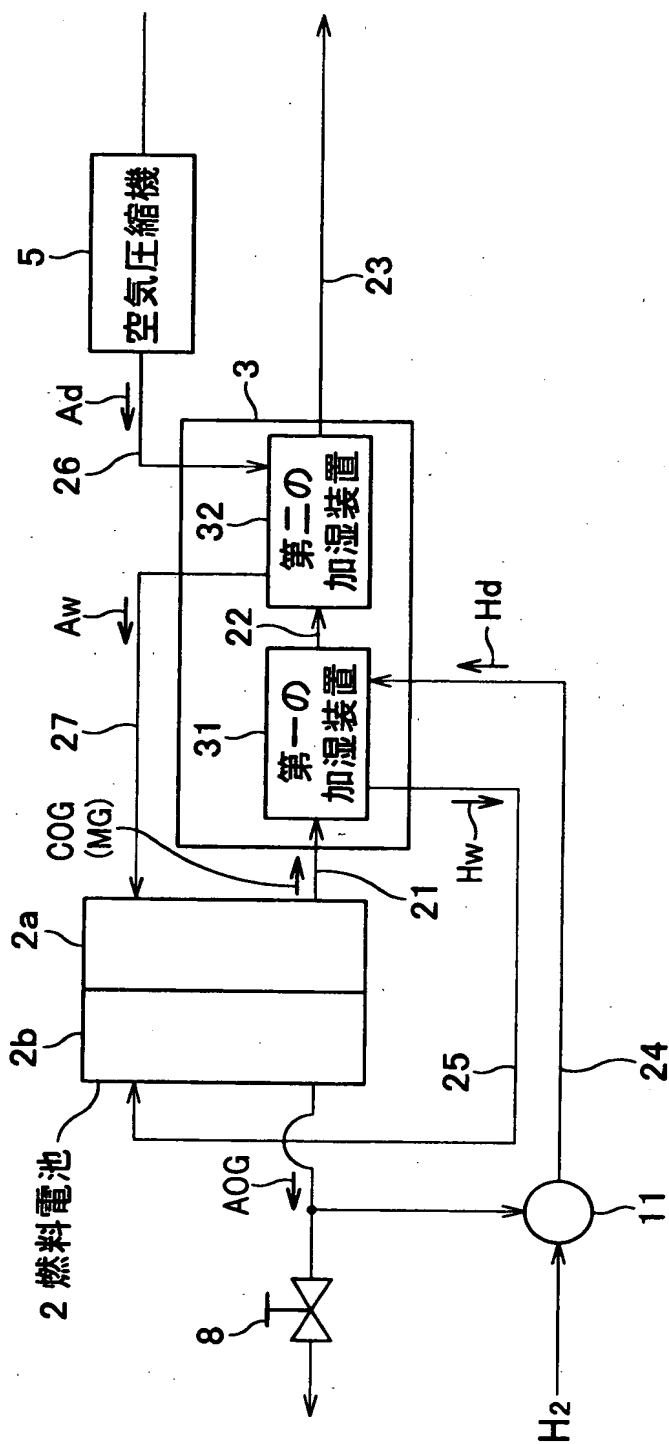
【書類名】

図面

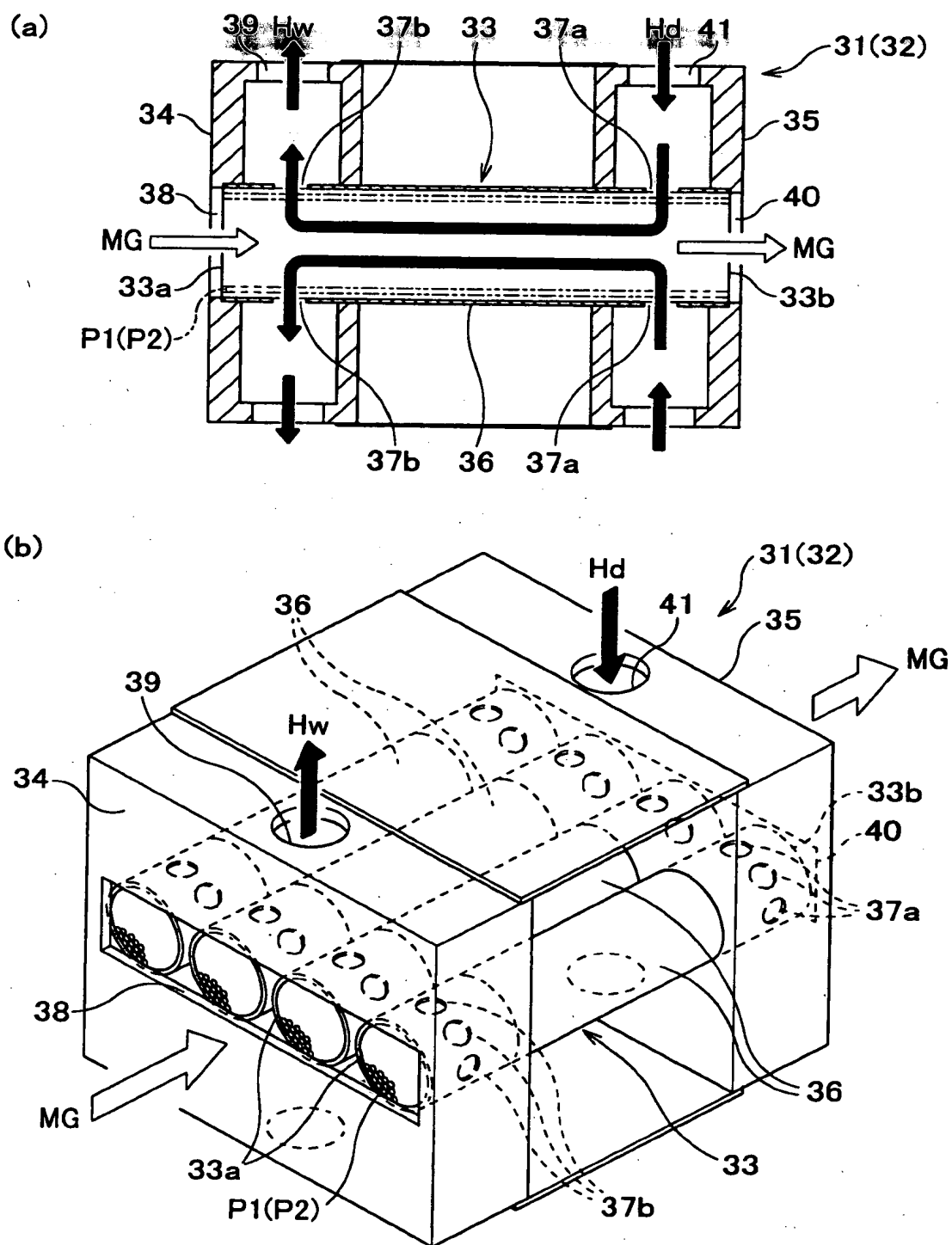
【図 1】



【図 2】

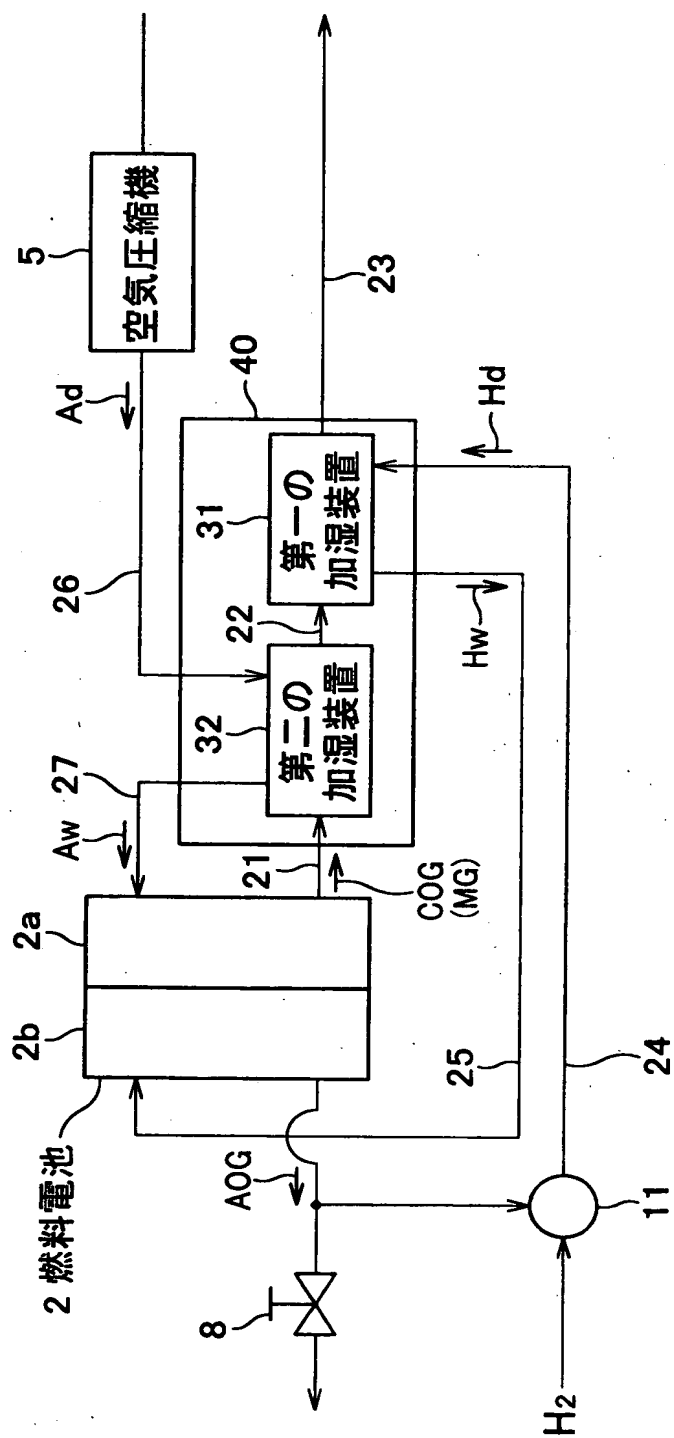


【図 3】

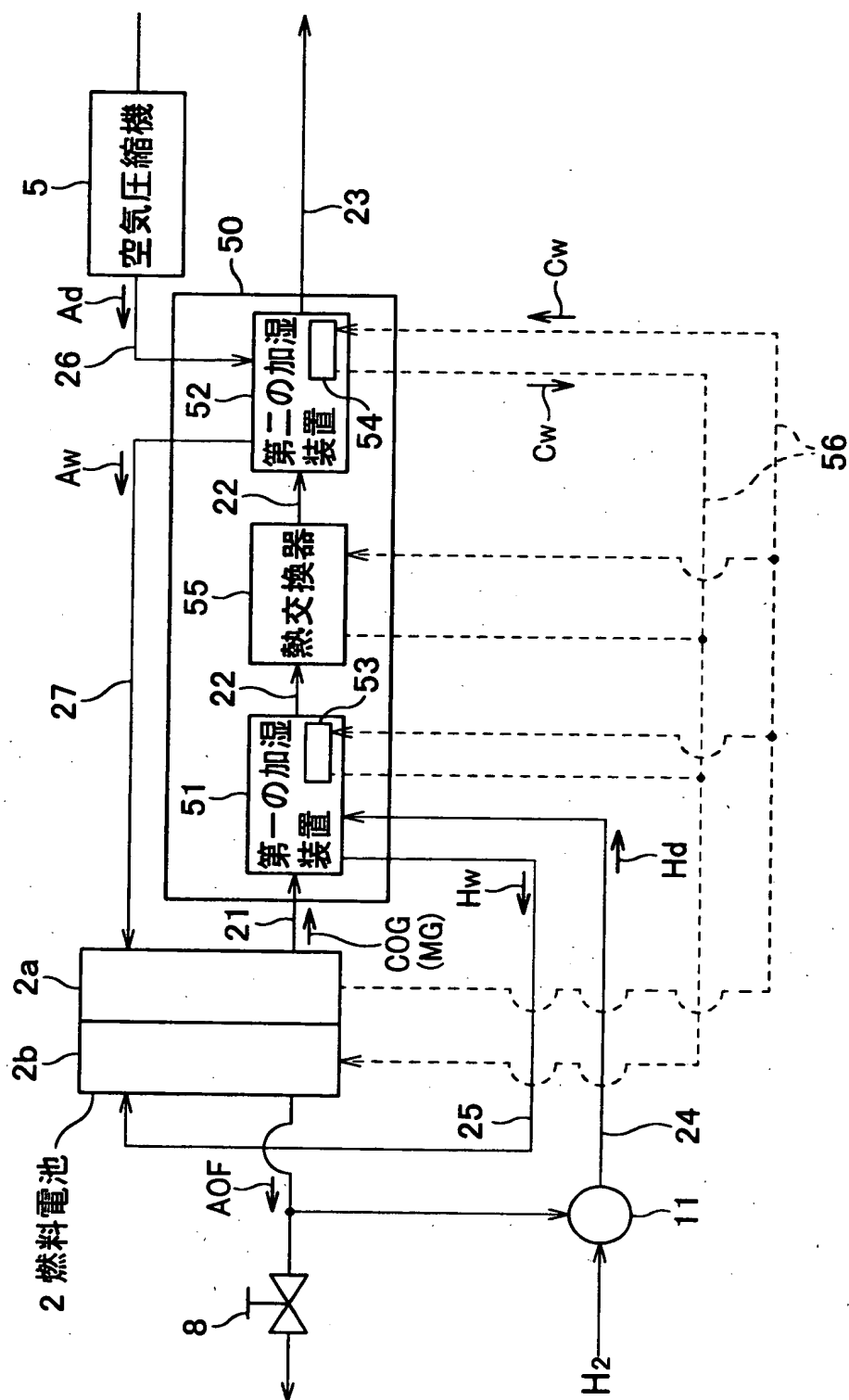




【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 燃料電池の固体電解質膜に十分な水分を供給するための加湿部を設けると共に、この加湿部において燃料ガスと酸化剤ガスが混合することを防止する。

【解決手段】 燃料電池 2 のアノード極 2 b に供給する水素ガス H d を第一の加湿装置 2 1 で加湿し、燃料電池 2 のカソード極 2 a に供給する空気 A d を第二の加湿装置 2 2 で加湿する。第一の加湿装置 2 1 は、燃料電池 2 のカソード極 2 a から排出されたカソードオフガス C O G のうちの水分のみを透過する非多孔質型の水透過膜を備え、第二の加湿装置 2 2 は、カソードオフガス C O G の水分を透過する多孔質型の水透過膜を備える構成とした。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005326]

1. 変更年月日	1990年 9月 6日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区南青山二丁目1番1号
氏 名	本田技研工業株式会社